

POWERED BY **Dialog****ILLUMINATOR AND EXPOSURE SYSTEM EQUIPPED THEREWITH****Publication Number:** 2001-284212 (JP 2001284212 A) , October 12, 2001**Inventors:**  
TSUJI TOSHIHIKO**Applicants**

CANON INC

**Application Number:** 2000-093688 (JP 200093688) , March 30, 2000**International Class:**H01L-021/027  
G02B-005/32  
G02B-019/00  
G03F-007/20**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To maintain the uniformity of the intensity distribution of the light from a light source on a surface to be irradiated regardless of the fluctuation of the light and, at the same time, to improve the efficiency of the light. **SOLUTION:** An illuminator which illuminates the surface 16 to be irradiated by using the beam from the laser source 1 is provided with an optical element 6 for maintaining the emitting angle of the beam from the source 1 at a fixed divergent angle, and a diffracting optical element 10 which forms a desired intensity distribution of the beam on the incident plane of a multiple beam generating means 14. The optical element 10 is set up near the position where the maximum flux from the optical element 6 is condensed. **COPYRIGHT:** (C)2001,JPO

JPIO  
2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.  
Dialog® File Number 347 Accession Number 7056576

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 5/32	2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/32		19/00	2 H 0 5 2
19/00		G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 L 21/30	5 2 7
			5 1 5 D
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-93688(P2000-93688)

(22) 出願日 平成12年3月30日(2000. 3. 30)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 辻 俊彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三 (外1名)

Fターム(参考) 2H049 CA05 CA09 CA11 CA18 CA28

2H052 BA02 BA09 BA12

5F046 BA03 CA04 CB01 CB05 CB13

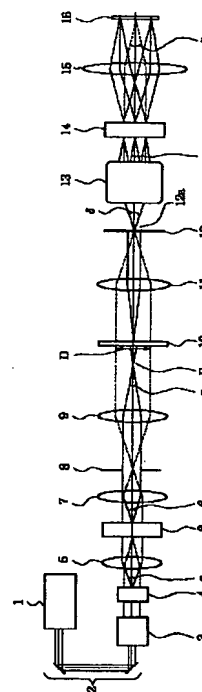
CB23

(54) 【発明の名称】 照明装置及びそれを有する露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光源からの光の変動によらず被照射面上の光強度分布の均一性を維持し、同時に光利用効率の向上を図ること。

【解決手段】 レーザ光源1からの光を用いて被照射面16を照明する照明装置であって、レーザ光源1からの光を一定の発散角度で射出する射出角度保存光学素子6と、多光束発生手段14の入射面で所望の光強度分布の光を形成するための回折光学素子10とを有し、回折光学素子10を射出角度保存光学素子6からの光束が集光する位置近傍に設ける。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光を用いて被照射面を照明する照明装置であって、光源からの光を一定の発散角度で射出する射出角度保存手段と、所定面で所望の光強度分布の光を形成するための回折光学素子とを有し、前記回折光学素子は前記射出角度保存手段からの光束が集光する位置もしくはその近傍に設けられていることを特徴とする照明装置。

【請求項2】 多光束発生手段と、該多光束発生手段からの光を被照射面上で重畳させる照射手段を有し、前記所定面は前記多光束発生手段の入射面であることを特徴とする請求項1記載の照明装置。

【請求項3】 前記多光束発生手段の入射面と光学的に共役な位置に形成された光強度分布を前記多光束発生手段の入射面に所望の倍率で投影するズーム光学系を有することを特徴とする請求項2記載の照明装置。

【請求項4】 発散角度の異なる複数の射出角度保存手段を有し、前記ズーム光学系の倍率変化に応じて光路中に存在する射出角度保存手段を切り替えることを特徴とする請求項3記載の照明装置。

【請求項5】 前記ズーム光学系の倍率変化に応じて光路中に存在する前記射出角度保存手段を切り替えることで、前記多光束発生手段の入射面に入射する光の開口数を前記多光束発生手段の入射可能開口数に実質的に一致させることを特徴とする請求項4記載の照明装置。

【請求項6】 所定面で異なる光強度分布の光を形成する複数の回折光学素子を有し、光路中に存在する回折光学素子を切り替えることで、所定面に所望の光強度分布の光を形成することを特徴とする請求項1乃至5いずれか1項記載の照明装置。

【請求項7】 請求項1乃至6いずれか1項記載の照明装置を有し、該照明装置によって前記被照射面としてのマスク面を照明することを特徴とする露光装置。

【請求項8】 前記マスク面上のパターンを感光基板上に投影する投影光学系を有することを特徴とする請求項7記載の露光装置。

【請求項9】 ウエハに感光材を塗布する工程と、マスク面上のパターンを請求項7又は8記載の露光装置を用いてウエハ面上に露光転写する工程と、露光転写されたパターンを現像する工程とを有することを特徴とするデバイスの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は照明装置に関し、特に光源として真空紫外波長域のエキシマレーザを用いた半導体素子製造用の露光装置の照明光学系に好適な照明装置に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】 半導体素子の製造工程のうちリソグラフィ工程では、マスク面上に設けられた電子回路等の微

細パターンをウエハ面上に露光転写する露光工程を複数回繰り返して、ウエハ上に電子回路を形成する。

【0003】 露光工程に用いられる露光方法としては、ウエハ面に対してマスク面を密着もしくは極近接状態に保持した状態でマスク面を照明してマスク面上のパターンをウエハ面上に転写したり、ウエハ面と光学的に共役な位置に配置したマスク（レチクル）を照明し、投影光学系を用いてマスク面上のパターンをウエハ面に投影転写する方法が知られている。いずれの方法を採用するにせよ、ウエハ面上に転写されるパターンの像質は照明装置の性能、例えば被照射面上の照度分布の均一性等に大きく影響される。

【0004】 図10に従来の照明装置の概略構成図を示す。

【0005】 同図において、レーザ光源101を発したレーザ光は、コリメータレンズ102により一旦収束した後発散するか又は負レンズにより直接発散され、光パイプ103の内側反射面に対して所定の発散角度をなして入射する。

【0006】 この発散角度を有する発散レーザ光は、光パイプ103の内部を反射しながら通過し、光軸と垂直な面内（例えば、面110）にレーザ光源101の複数の見掛けの光源像を形成する。このとき、複数の見掛けの光源像からあたかも射出したかのように見えるレーザ光束が、光パイプ103の射出面103'で重ね合わされることにより、射出面103'に均一な照度の面光源が形成されることになる。光パイプ103の射出面103'から光束は、さらにコンデンサレンズ104、開口絞り105、フィールドレンズ106を介してレチクル面106に導光される。光パイプ103の射出面103'はレチクル面107と共役関係にあるのでレチクル面107上も均一に照明されることになる。

【0007】 また、コリメータレンズ102によるレーザ光の発散角度及び光パイプ103の長さや幅を考慮して光パイプ103の形状を決定すると、面110に形成される見掛けの各光源からレチクル面107の各点に進む個々のレーザ光の光路長差がレーザ光の有するコヒーレンス長以上になるようにすることができる。これにより時間的コヒーレンスを低下させて、レチクル面107上でのスペックルの発生を抑えている。

##### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図10に示した従来の照明装置の構成では、レーザ光源を使用することに起因して少なからず生ずる光束の位置変動により、被照射面への光束の入射角度が変動し、結果として被照射面での照度ムラが発生することがあった。

【0009】 また、図10の照明装置では、光パイプの内側反射面で多数回の反射を行わせることで見掛けの光源像の数を増やして照度の均一化を達成しているが、照度均一化の効果を確保するためには、反射回数を増やす

必要があり、光パイプとしてある程度の長さが必要となる。真空紫外領域においては材料による光の吸収すなわち透過率の低下が大きいため十分に照度の均一化が図れる長さの光パイプを用いた場合には、結果的に光束の利用効率が低下する点も懸念される。

【0010】本発明は、光源からの光束が変動しても被照射面上での光強度分布の均一性を維持し、同時に光利用効率の向上を図った照明装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願第1発明は、光源からの光を用いて被照射面を照明する照明装置であって、光源からの光を一定の発散角度で射出する射出角度保存手段と、所定面で所望の光強度分布の光を形成するための回折光学素子とを有し、回折光学素子が射出角度保存手段からの光束が集光する位置もしくはその近傍に設けられていることを特徴としている。

【0012】本願第2発明の露光装置は、本願第1発明の照明装置を有し、その照明装置によって被照射面としてのマスク面を照明することを特徴としている。

【0013】本願第3発明のデバイスの製造方法は、ウエハに感光材を塗布する工程と、マスク面上のパターンを本願第2発明の露光装置を用いてウエハ面上に露光転写する工程と、露光転写されたパターンを現像する工程とを有することを特徴としている。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0015】図1は照明装置の実施形態の概略図である。図中、1はレーザ光源、2は引き回し光学系、3はビーム整形光学系、4、6は射出角度保存光学素子、5是集光光学系、7、9はリレー光学系、8は開口絞り、10は回折光学素子、11はリレー光学系、12はアパーチャ、13はズーム光学系、14は多光束発生手段、15はコンデンサーレンズ等を含む照射手段、16は回路パターンが形成されたマスクあるいはレチクル等の被照射面である。

【0016】レーザ光源1としては、KrF、ArF、F2等の各種エキシマレーザが考えられる。回折光学素子10は、リレー光学系11を介してアパーチャ12の位置に所望の照度分布（例えば円形や輪帯あるいは四重極など）を発生させるように、あらかじめ設計された計算機プログラムであり、振幅分布型のプログラムや位相分布型のプログラムまたはキノフォームなどを用いている。またアパーチャ12は、回折光学素子4により形成される照度分布のみを通過させる作用を有する。

【0017】多光束発生手段14は、複数の微小レンズからなるハエの目レンズやファイバー束等であり、その射出面には複数の点光源からなる面光源が形成される。

ハエの目レンズを構成する微小レンズは回折光学素子で形成してもよく、マイクロレンズアレイでもよい。なお本実施形態において、多光束発生手段14とは複数の光学軸を有し、且つ各々の光学軸を中心として有限な面積の領域を有し、各々の領域において各々1つの光束が特定できるような光学素子をいう。

【0018】レーザ光源1から射出された光束は、ミラーや不図示のリレーレンズからなる引き回し光学系2を経て、シリンダリカルレンズやミラー等で構成されるビーム整形光学系3に入射する。ビーム整形光学系3により所望の形状にビーム断面を整形された光束は、射出角度保存光学素子2に入射する。

【0019】ここで射出角度保存光学素子4は、図2(a)に示すようにアパーチャ21とレンズ系22から構成されており、入射光束の光軸が微小変動して27あるいは28の状態で入射したとしても、射出される光束の射出角度29aは一定となるような性質を持つものである。あるいは図2(b)に示すように、微小レンズよりなるハエの目レンズで射出角度保存光学素子4を構成してもよく、この場合は光束の射出角度29bはハエの目レンズの形状により決定される。図2(b)に示すハエの目レンズで構成された射出角度保存光学素子4でも、射出される光束の射出角度29bは一定となる。

【0020】次に射出角度保存光学素子4から所望の射出角度 $\alpha$ で射出された光束は、集光光学系5により集光され、射出角度保存光学素子6に導光される。このとき射出角度保存光学素子4の射出面と射出角度保存光学素子6の入射面は、集光光学系5により互いにフーリエ変換面の関係（物体面と瞳面又は瞳面と像面の関係）となっており、射出角度 $\alpha$ が固定されていることから、レーザ光源1からの光束の位置が変動したとしても、射出角度保存光学素子6の入射面に入射する光束の分布は面内で常に同じ位置に固定される。

【0021】射出角度保存光学素子6はすでに説明した射出角度保存光学素子4と同様の構成及び機能を有しており、射出される光束の射出角度 $\beta$ が一定である。この射出角度保存光学素子6から所望の射出角度 $\beta$ で射出された光束は、リレー光学系7、9により集光されて回折光学素子10に導光される。本実施形態においては、回折光学素子10を射出角度保存光学素子6の射出面と共役な位置あるいはその近傍に配置している。このような構成により、光源からの光束が微小変動したとしても、回折光学素子10へ入射する光束の入射位置及び発散角（又は収斂角）を常に所望の値に制御できるので、後述するアパーチャ12の位置に形成される光強度分布を常に一定に保つことが可能となる。図1では、射出角度保存光学素子6の射出面の任意の点から発した光束の収束点Pから少し外れた位置（射出角度保存光学素子6の射出面と共役な位置近傍）に配置し、発散角（収斂角） $\gamma$ を持つ入射光束で照明している。この状態について図3

を用いて説明する。

【0022】図3(a)及び図3(b)は、回折光学素子10に対する入射光の状態を説明する図である。図3(a)及び図3(b)において、31は石英などの基板の表面に微細な階段状の断面構造が形成されている回折光学素子面、32a、32bは光スポットの一つであり、射出角度保存光学素子6がハエの目レンズでそれを構成する微小レンズがハニカム構造を持つ場合の1つの微小レンズからの光束によるスポットを示している。つまり光スポット32a、32bが多数集まった光束が、回折光学素子10に入射する光束となる。このとき、図3(a)、(b)における光束の幅Dは、図1において回折光学素子10と交差する点線がなす幅Dを示している。

【0023】光スポット32a、32bの大きさは回折光学素子10と収束点Pとの相対距離(射出角度保存光学素子6の射出面の共役位置からのずれ量)によって変動するが、相対距離を大きくすることによって、例えば図3(b)に示すように光スポット32bのサイズを大きくとり、回折光学素子面31上で各スポットが互いに重なり合う構成としてもよい。図3(b)に示すごとく射出角度保存光学素子6の射出面の共役位置近傍に回折光学素子10を配置することにより、回折光学素子面31上でのエネルギー集中による部材の破損を防ぐことが可能になる。

【0024】次に、回折光学素子10について図4を用いて説明する。本実施形態では、回折光学素子10として位相型の計算機ホログラム(Computer Generated Hologram, CGH)を用いており、基板表面上に階段状の凹凸構造を備えるものである。計算機ホログラムとは、物体光と参照光との干渉による干渉縞パターンを計算して描画装置により直接出力することで作られるホログラムのことである。再生光として所望の照度分布を得るための干渉縞形状はコンピュータによる反復計算を用いて最適化することで容易に求めることが可能である。図4

(a)はそうして作成された位相型CGHの正面図、図4

(b)は図4(a)の矢印位置における断面図を模式的にあらわしたものである。図4(a)では位相分布を41に示すように濃淡分布で表現している。図4(b)の42のように断面を階段状に形成すると、その作製に半導体素子の製造技術が適用可能となり、微細なピッチの凹凸構造も比較的容易に実現することができる。

【0025】なお、回折光学素子10によって得られる「所望の照度分布」とは、図5(a)に示すような円形照度分布、図5(b)に示すような輪帯照度分布、図5(c)に示すような四重極と呼ばれる照度分布などの露光条件に応じた好適な分布のことである。回折光学素子10により形成されたこれらの照度分布は後述するズーム光学系13により多光束発生光学系14の入射面に投影されることで、所謂半導体露光装置の照明系における

変形照明(斜入射照明)手段を提供し、解像性能の向上を達成している。また、異なる照度分布を形成する複数の回折光学素子を不図示のターレット等の切り替え手段に配置して切り替えることで、照明条件を変更することが可能である。

【0026】図1に戻り説明を続ける。回折光学素子10に入射した光束は、計算された振幅変調あるいは位相変調を受けて回折し、リレー光学系11を介して、アパーチャ12の位置に分布内では強度がほぼ均一な、図5(a)～(c)に示すような所望の照度分布12aを形成する。

【0027】ここで回折光学素子10とアパーチャ12の位置は、互いにフーリエ変換面の関係になるように配置されてる。この関係により、回折光学素子10の任意の一点から発散した光は照度分布12a全体に寄与する。すなわち、図3(a)、(b)において光スポット32a、32bを形成する任意の光束によって、その照射位置に関係なく図5(a)～(c)で述べたような照明に好適な照度分布12aが、アパーチャ12の位置に形成される。

【0028】このとき照度分布12aは、計算機ホログラムである回折光学素子10に入射する光束が広がり角 $\gamma$ を有することから、その角度に応じて若干のボケが生じるが、そのボケ量を見込んで所望の照度分布を形成するように、回折光学素子10を設計することは言うまでもない。

【0029】次にズーム光学系13の倍率変化について述べる。回折光学素子10により形成される分布内ではほぼ均一な所望の照度分布12aを、ズーム光学系13により所望の倍率で多光束発生光学系14の入射面上へ均一光源像14aとして投影する。ここでいう所望の倍率とは、被照射面16への照射光束の入射角度 $\epsilon$ が露光に最適な値になるように均一光源像14aの大きさを設定する倍率である。

【0030】さて所望の倍率 $m$ に対して角度 $\delta$ により決まるズーム光学系13の入射側NA(開口数)を $NA'$ 、角度 $\epsilon$ により決まるズーム光学系13の射出側NAを $NA''$ とすると、

$$NA' = m \cdot NA'' \quad \dots (1)$$

が成立する。ここで角度 $\epsilon$ の大きさは、多光束発生手段14に入射可能なNAを越えない範囲で、できるだけ近い値であることが照明効率の観点から望ましいので、多光束発生手段14に依存した最適角度に設定されている。したがって式(1)に示されるように、ある条件における露光に最適な倍率が決まると、角度 $\delta$ の最適角度も決まることになる。

【0031】本実施形態では、角度 $\delta$ の値が図3に示した回折光学素子10へ入射する光束の照射領域の幅Dの大きさに依存しており、その大きさは射出角度保存光学素子4からの射出角度 $\alpha$ に依存していることを利用し

て、射出角度保存光学素子4を照明条件により切り換えることにより、回折光学素子10へ入射する光束の照射領域の幅Dを変えている。このσについては後に図6を用いて説明する。

【0032】さて、このようにして多光束発生手段14の入射面上に均一光源像が投影されると、その入射面の照度分布はそのまま射出面に転写される。そして多光束発生手段14の各々の微小領域からの射出光束を、照射手段15により被照射面16上に重畳して照射することで、被照射面16を全体的に均一な照度分布となるように照明している。

【0033】次に、前述した射出角度保存光学素子4の切り換え制御について図6(a)及び図6(b)を用いて詳細に説明する。各図において、4aは射出角度αaが小さい射出角度保存光学素子であり、4bは射出角度αbが大きい射出角度保存光学素子である、その他の部材については図1で説明したものと同様である。

【0034】一般に半導体素子製造用の露光装置の照明系に使用される照明装置においては、被照射面に入射する光束の入射角度を所望の角度に設定することが要求される。本実施形態においては、図6の4aや4bのように複数の射出角度保存光学素子を不図示のターレット等の切り替え手段に配置し、要求に応じてこれを切り替えることにより、被照射面に入射する光束の入射角度を所望の角度に設定できるようにしている。

【0035】図6(a)は、被照射面16に入射する光束の入射角度εaが比較的小さい場合(これをσ値が小さいと称する)を示している。本実施形態において、σ値を小さくするためには、多光束発生手段14の入射面上に、回折光学素子10により形成される照度分布の像14aを小さい倍率で結像する必要がある。これはズーム光学系13の倍率を変えることにより達成されるが、前述したように角度εaの値は多光束発生手段14の入射側NAに依存した最適角度に設定される。

【0036】したがって、式(1)により示されるように、所望のσ値を得るための倍率が決まると、アパーチャ12の位置に回折光学素子10により形成される照度分布の光束の発散角度δaも一意に決まる。角度δaは回折光学素子10へ入射する光束の幅Daによって決まるが、この幅は射出角度保存光学素子6に入射する光束の幅6aに依存している。そこで、射出角度保存光学素子を4aに切り換えて小さい射出角度αaとすることで光束幅6aが狭くなるように制御する。以上により照明効率が高く、且つ角度εaの小さい(即ちσ値の小さい)照明が可能となる。

【0037】一方、図6(b)はσ値が大きい場合の実施例を示している。この場合は、射出角度が大きな射出角度保存光学素子4bに切り換えることにより、射出角度αbを大きくし、これにより回折光学素子10へ入射する光束の幅Dbを大きくして、回折光学素子10によ

り形成される照度分布から発散する光束の角度δbを大きくする。そして、像14bを大きい倍率で多光束発生手段14に投影しても、式(1)の関係から角度εbは前述の角度εaとほぼ同じにすることが可能である。以上により照明効率が高く、且つ角度εbの大きい(即ちσ値の大きい)照明が可能となる。

【0038】このとき、回折光学素子10から発散される光束の発散角度については、図6(a)における角度γaと図7(b)における角度γbは同一であることから、発散される光束の発散角度は同じであり、アパーチャ12の位置における照度分布12aのサイズは、射出角度保存光学素子を切り替えても変化しない。

【0039】なお、このσの切り替えに応じて所望の照度分布を得るために、必要ならば回折光学素子10もターレット等の不図示の切り替え手段を用いて、角度保存光学素子の切り替えと同時に切り替えても良いことはいうまでもない。

【0040】また、例えば図2(b)で説明したように、レーザ光源1からの光束が外乱により微小変動したとしても、射出角度保存光学素子4からの光束の射出角度は保存されるので、図1において、射出角度保存光学素子6への入射光束の位置は変化せず、さらに射出角度保存光学素子6からの光束の射出角度も保存されていることから、実質的に回折光学素子10への入射光束の位置やその光束幅Dには変動が無く、多光束発生手段14の微小レンズの中の光源像全体をマクロに見たときの変動はほとんどないと言える。したがって、被照射面9上の照度分布への影響も無視できる程度に小さくなる。このことは本実施形態の照明装置が、レーザ光源からの光束の変動に対して非常に安定した系であるという本発明の利点を示している。

【0041】以上説明した本実施形態の照明装置によれば、

(1) 被照射面への光束入射角度を所望の値に設定し、高効率な均一照明を行なって照度ムラを低減化できる。

(2) レーザ光源に依存する光束の変動があっても被照射面への光束入射角度が安定しているので、変動による露光への影響を除去することができる。

(3) 光パイプの代わりに硝材厚の薄い回折光学素子を用いることで、透過率の低い真空紫外領域においても高効率な照明系を提供することができる。

という効果が期待でき、特に半導体素子製造用の露光装置の照明光学系に好適な照明装置を提供できる。

【0042】次に本発明の照明装置を半導体素子(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)製造用の露光装置の照明光学系に適用した実施形態について説明する。

【0043】図7は、半導体素子製造用の露光装置の概略構成図である。

【0044】同図において、71はレーザ光源1からの

光束を所望のビーム形状に整形するための光束整形光学系であり、72はコヒーレントレーザ光束をインコヒーレント化するためのインコヒーレント化光学系である。また、73は投影光学系であり、74はウエハ等の感光材を塗布した感光基板である。なお、図1に示したものと同番号の部材は同じものであるので説明を省略する。

【0045】レーザ光源1から射出された光束は引き回り光学系2を経て、光束整形光学系71に入射する。この光束整形光学系71は、複数のシリンダカルレンズまたはビームエキスパンダにより構成されており、光束断面形状の縦横比率を所望の値に変換することができるものである。

【0046】光束整形光学系71により所望の断面形状に整形された光束は、ウエハ面74にて光が干渉してスペックルを生じることを防ぐ目的で、インコヒーレント化光学系72に入射され、インコヒーレントな光束に変換される。

【0047】このインコヒーレント化光学系72としては、例えば特開平3-215930号公報の図1に開示されているような、入射光束を光分割面で少なくとも2つの光束（例えばp偏光とs偏光）に分岐した後、一方の光束を光学部材を介して光束の干渉距離以上の光路長差を与えてからその分割面に再導光し、他方の光束に重ね合わせて射出するようにした折り返し系を用いて複数の互いにインコヒーレントな光束を形成する光学系を用いることができる。

【0048】インコヒーレント化光学系72によってインコヒーレント化された光束は、射出角度保存光学素子4に入射し、射出角度保存光学素子2から所望の射出角度 $\alpha$ で射出する。射出角度保存光学素子4より射出した光束は、集光光学系5により集光されて射出角度保存光学素子6に導光される。このとき、射出角度保存光学素子4の射出面と射出角度保存光学素子6の入射面は、集光光学系5により互いにフーリエ変換面の関係となっており、射出角度 $\alpha$ が固定されていることから、レーザ光源1からの光束の光軸が変動したとしても、射出角度保存光学素子6の入射面に入射する光束の分布は面内で常に同じ位置に固定される。

【0049】次に射出角度保存光学素子6から射出した光束は、図1に示した実施形態ではリレー光学系7、9により集光されて回折光学素子10に導光されていたが、本実施形態ではこのリレー光学系を省略して回折光学素子10に直接導光している。このとき回折光学素子10は、光束の収束点P'の位置から少し外れた位置に配置される。

【0050】この場合、射出角度保存光学素子6は図2(b)に示したようにハエの目レンズでもよく、更にこれを回折光学素子による微小レンズをアレイ状に配列した素子としても良い。そして図6(a)、(b)に示し

たような $\sigma$ 値切替の際には、射出角度保存光学素子6と回折光学素子10を一つのユニットとして、これを切り替えることで行なっても良い。

【0051】以下、図1を用いてすでに説明した手順により、多光束発生手段14の各々の微小領域からの射出光束は、照射手段15により被照射面16上に重畳して照射され、被照射面916は全体的に均一な照度分布となるように照明される。そして被照射面16上に形成された回路パターン等の情報を有した光束は、投影光学系73により露光に最適な倍率で感光基板74に投影結像されることで、回路パターンの露光が行なわれる。

【0052】感光基板74は、不図示の感光基板ステージに真空吸着などで固定されており、紙面上で上下前後に平行移動する機能を持ち、その移動はやはり不図示のレーザ干渉計等の測長器で制御されている。

【0053】なお本実施形態では、被照射面16上を全体的に均一な照度分布となるように照明しているが、多光束発生手段14の射出面の各々の微小領域からの射出光束の射出角度を、直交する2つの方向で異なる角度とすることで、被照射面16上をスリット状に照明する構成とすることが可能である。

【0054】次に図7の露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0055】図8は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造フローを示す。ステップ1

（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハとを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0056】図9は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハにレジスト（感材）を塗布する。ステップ16（露光）では上記露光装置によってマスク（レチクル16）の回路パターンの像でウエハ

を露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらステップを繰り返すことによりウエハ上に回路パターンが形成される。

【0057】本実施形態の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することが可能になる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の照明装置によれば、光源からの光束が変動しても被照射面上での光強度分布の均一性を維持することができ、また同時に光利用効率の向上を図ることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の照明装置の実施形態の概略図である。

【図2】射出角度保存光学素子の概略図である。

【図3】回折光学素子に入射する光束を示す概略図である。

【図4】回折光学素子の一例として位相型CGHを示す図である。

【図5】回折光学素子によって得られる照度分布の例を示す図である。

【図6】射出角度保存光学素子の切り換えについて説明する図である。

【図7】本発明の露光装置の実施形態の概略図である。

【図8】半導体デバイスの製造工程を示す図である。

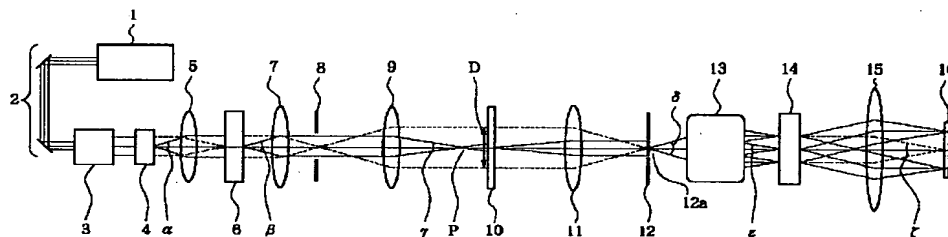
【図9】図9の工程中のウエハプロセスの詳細を示す図である。

【図10】従来の照明装置の概略構成図である。

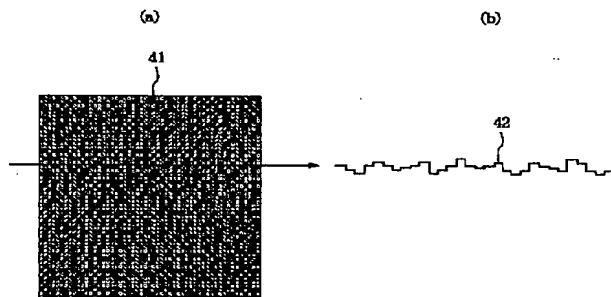
【符号の説明】

- 1 レーザ光源
- 2 引き回し光学系
- 3 ビーム整形光学系
- 4, 6 射出角度保存光学素子
- 5 集光光学系
- 7, 9 リレー光学系
- 8 開口絞り
- 10 回折光学素子
- 11 リレー光学系
- 12 アパーチャ
- 13 ズーム光学系
- 14 多光束発生光学系
- 15 照射手段
- 16 被照射面

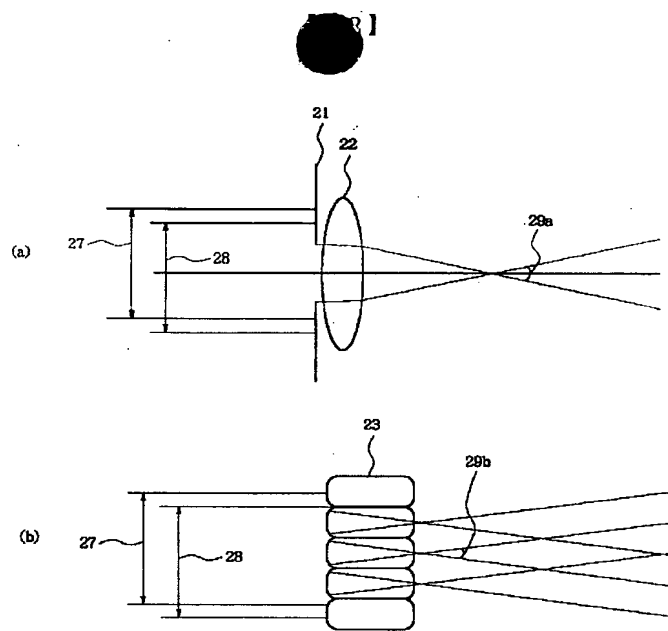
【図1】



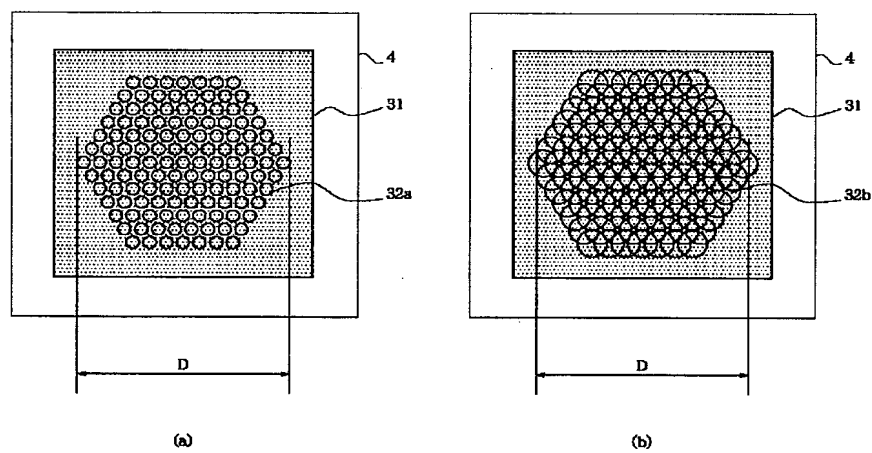
【図4】



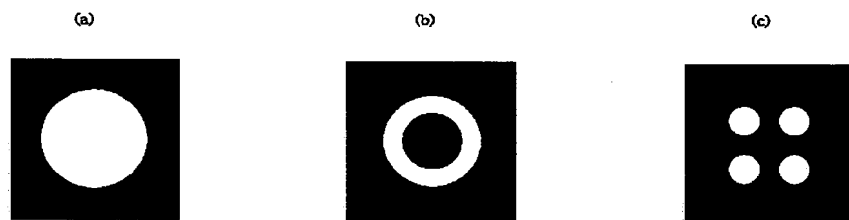




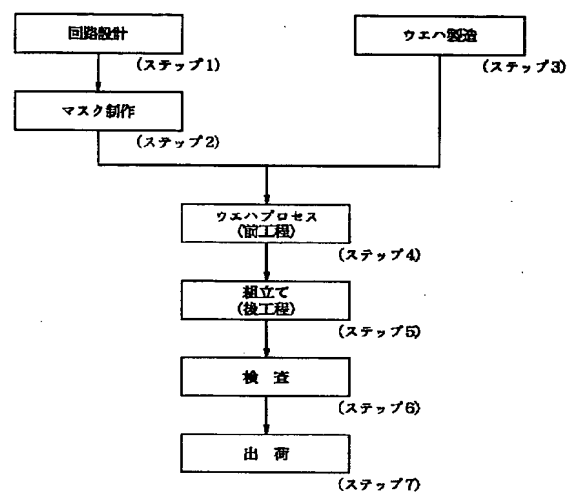
【図 3】



【図 5】

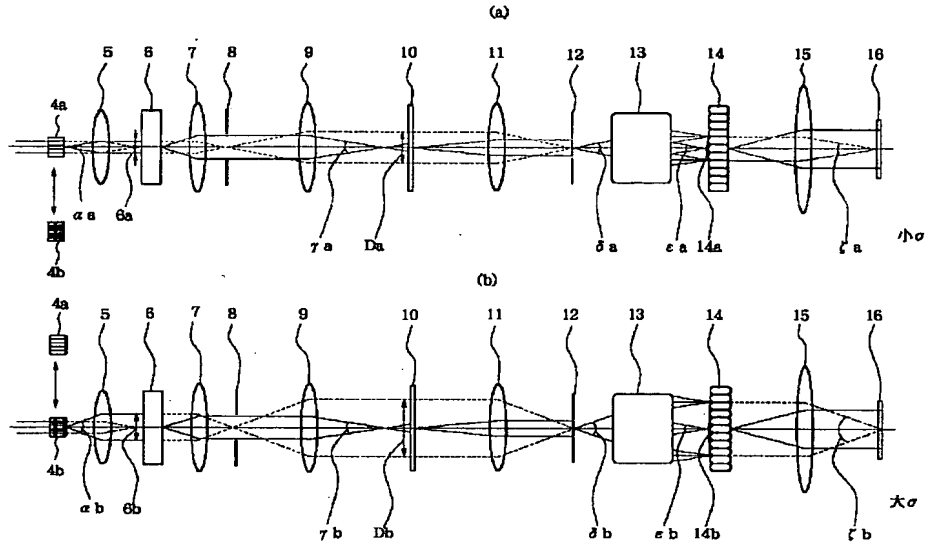


【図 8】

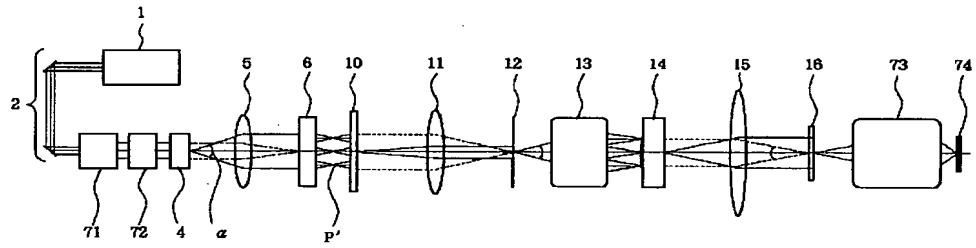


半導体デバイス製造フロー

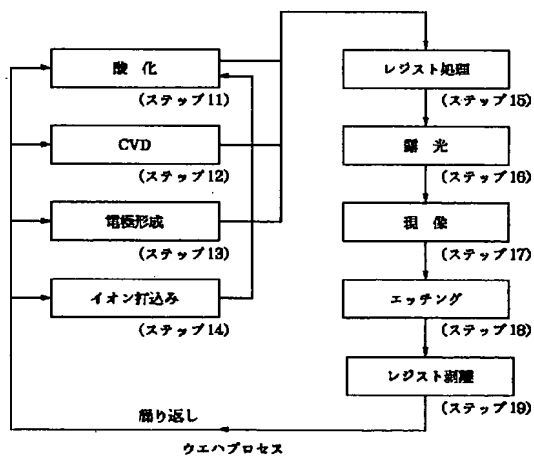
【図6】



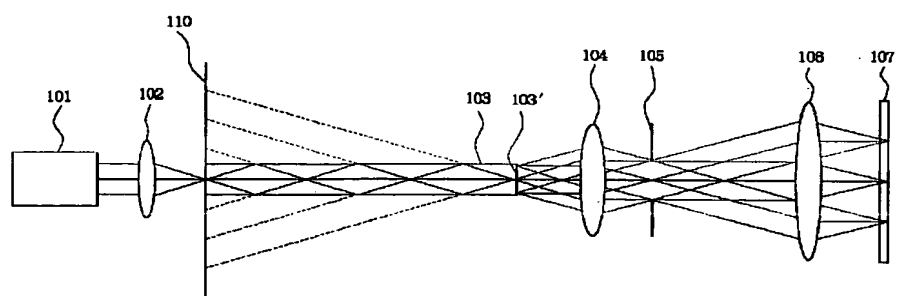
【図7】



【図9】



【図 10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**